

## ФОРМИРОВАНИЕ ОСАДКА СУЛЬФАТА БАРИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАДИЯ

Е. В. Войникова, М. В. Попеня, Е. В. Гаркуша

В настоящее время введены ограничения на поступление в организм человека как техногенных, так и природных радионуклидов. Например, согласно Нормам радиационной безопасности, действующим в нашей стране (НРБ-2000), эффективная доза облучения от природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде должна составлять не более 0,1 мЗв/год. Дозовая нагрузка не превышает установленный уровень, если удельная активность питьевой воды по суммарному содержанию альфа-излучающих радионуклидов не выше 0,1 Бк/кг.

Наиболее опасными радионуклидами естественного происхождения являются альфа-излучающие радионуклиды семейств урана и тория с энергией альфа-частиц от 4,2 до 7,5 МэВ. Получению необходимой современной информации по содержанию и состоянию радионуклидов в компонентах окружающей среды, из которых эти радионуклиды могут поступать в организм человека, в значительной мере препятствует несовершенство существующих аналитических схем определения содержания некоторых радионуклидов (в том числе и радия) в природных объектах.

Цель настоящей работы заключалась в отработке стадии совместного осаждения радия с сульфатом бария с целью усовершенствования методики радиохимического определения радия в объектах окружающей среды. Разработанная методика радиохимического анализа радия основана на альфа-спектрометрической идентификации радия, выделяемого на мишень совместно с сульфатом бария, и использовании в качестве индикатора радиохимического выхода радия гамма-излучающего радионуклида –  $^{133}\text{Ba}$ .

Усовершенствование методики проводилось после анализа доступных литературных источников по способам определения содержания радия в образцах окружающей среды и базировалось на имеющихся технических возможностях идентификации изотопов радия в НИЛ радиохимии Белгосуниверситета. При отработке отдельных стадий анализа были использованы радиоактивные индикаторы – радионуклиды  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{133}\text{Ba}$ .

Основное требование к препарату, предназначенному для альфа-спектрометрических исследований, состоит в необходимости сформировать тонкий равномерный слой изоморфного осадка  $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ . Такой осадок должен содержать лишь микроколичество стабильного бария, наиболее

близкого радию по химическим свойствам и используемого в анализе в качестве носителя радионуклида. Следовательно, в анализируемом растворе, содержащем радий, также должно присутствовать микроколичество бария-носителя. Однако при этом возникает проблема формирования мелкодисперсного однородного осадка труднорастворимой соли  $Ba(Ra)SO_4$  и ее выделения на измерительную мишень. Эту проблему удалось решить, используя для формирования осадка специальный «затравочный» раствор, инициирующий процесс образования мелкодисперсного изоморфного осадка  $Ba(Ra)SO_4$ .

Условия для достижения максимально высокого выхода радия при его совместном осаждении с сульфатом бария определяли путем проведения модельных экспериментов по выделении осадка из растворов с известным содержанием  $^{226}Ra$  и разным соотношением бария в составе носителя ( $BaCl_2$ ) и «затравочного» раствора. Выходы радия при его выделении из растворов, содержащих разное количество бария-носителя и «затравочного» раствора, приведены на рис 1.

Из полученных экспериментальных данных следует, что выход радия при его совместном осаждении с сульфатом бария в контролируемых условиях может достигать 98 %. Самый высокий выход радия достигается при внесении в анализируемый раствор бария-носителя в количестве 70 мкг и «затравочного» раствора объемом 0,3 мл, содержащего примерно 20 мкг бария.

Установлено, что количество бария в анализируемом растворе не должно превышать 200 мкг, т. к. превышение этого уровня значительно ухудшает условия альфа-спектрометрической идентификации радия. Наиболее благоприятные условия осаждения  $Ba(Ra)SO_4$  обычно достигаются для образцов почв массой до 10 г.

В этих же экспериментах по отработке операции выделения радия из раствора в виде осадка  $Ba(Ra)SO_4$  проверялась возможность использования радионуклида  $^{133}Ba$  в качестве радиоактивного индикатора радиохимического выхода радия. Величины радиохимического выхода радия при осаждении его из раствора в виде  $Ba(Ra)SO_4$  приведены на рис. 2.

Результаты определения выхода радия при совместном осаждении с сульфатом бария путем непосредственного альфа-спектрометрического измерения содержания  $^{226}Ra$  в препарате, выделенном на мишень, и по результатам гамма-спектрометрического определения содержания в осадке  $^{133}Ba$  практически совпадают. Следовательно,  $^{133}Ba$  можно использовать для определения выхода радия при осуществлении радиохимического анализа.

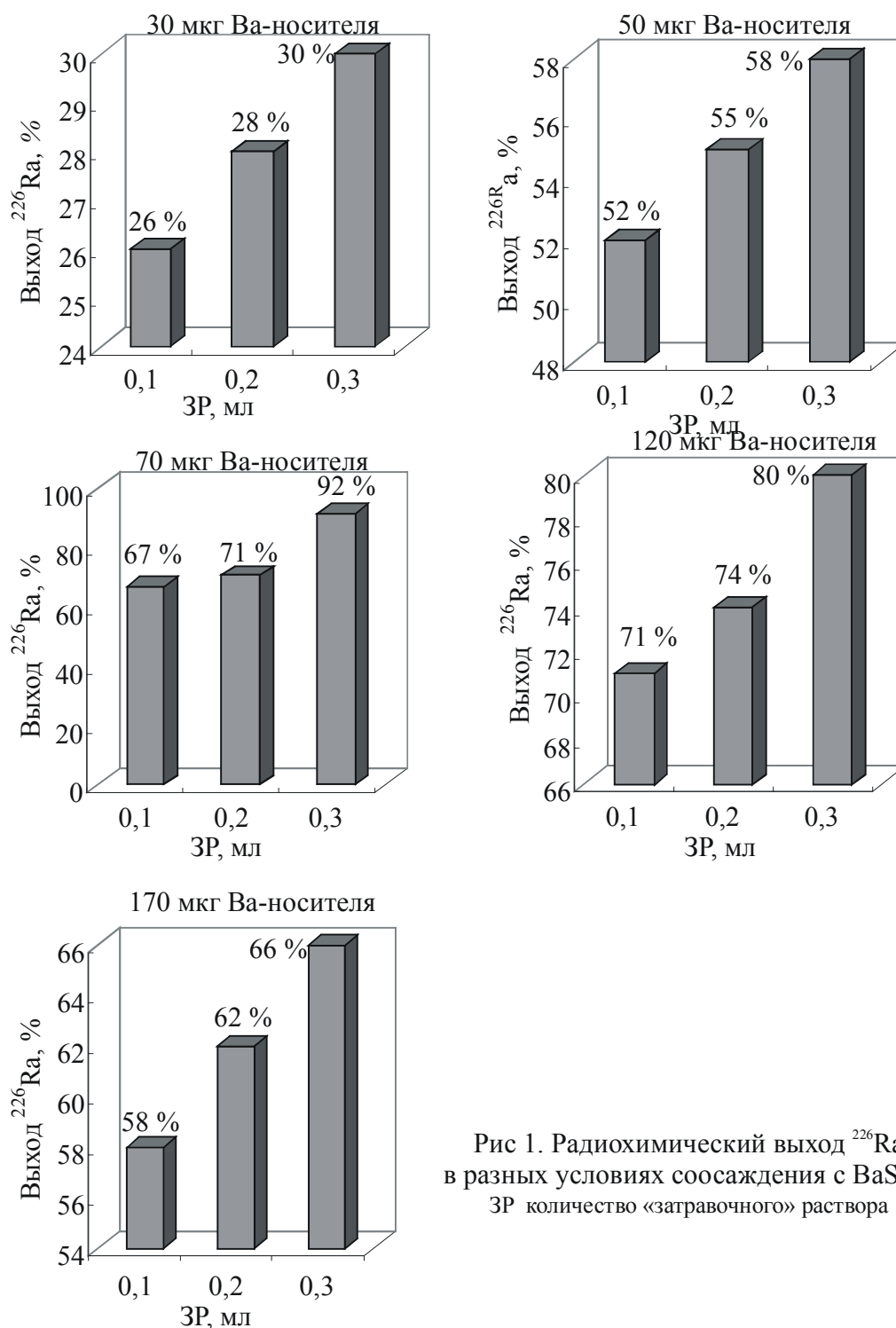


Рис 1. Радиохимический выход  $^{226}\text{Ra}$  в разных условиях соосаждения с  $\text{BaSO}_4$ :  
ЗР количество «затравочного» раствора

Дополнительным требованием при получении качественных измерительных мишеней для альфа-спектрометрической идентификации радия является получение осадка без макропримеси кальция. Выделение сульфата кальция из раствора совместно с сульфатом бария мешает получению тонкого однородного слоя препарата, пригодного для альфа-спектрометрических исследований.

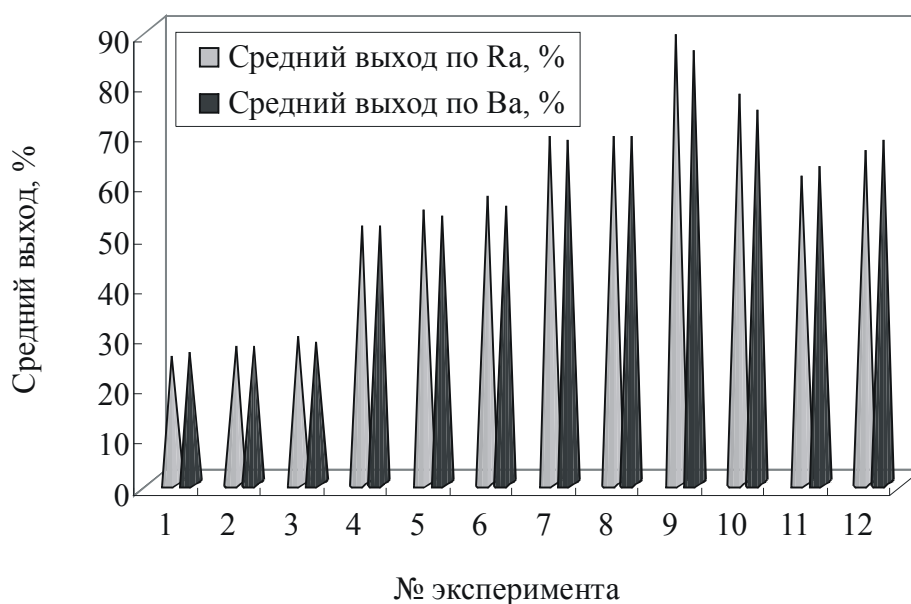


Рис. 2. Сопоставление величин выхода радия при его совместном осаждении с  $\text{BaSO}_4$ , установленные по  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{133}\text{Ba}$ / Соотношение бария-носителя (Ba) и затравочного раствора (ЗР): эксперименты № (1 – 3) – 30 мкг Ba и 0,1 – 0,3 мл ЗР; № (4 – 6) – 50 мкг Ba и 0,1 – 0,3 мл ЗР; № (7 – 9) – 70 мкг Ba и 0,1 – 0,3 мл ЗР; № 10 – 120 мкг Ba и 0,3 мл ЗР; № (11 – 12) – 170 мкг Ba и 0,2 – 0,3 мл ЗР

Разделение бария и кальция основано на значительном различии между произведениями растворимости  $\text{BaSO}_4$  и  $\text{CaSO}_4$  ( $\text{PP}_{\text{BaSO}_4} = 9,9 \cdot 10^{-11}$ ;  $\text{PP}_{\text{CaSO}_4} = 6,26 \cdot 10^{-5}$ ). Условия совместного осаждения радия с сульфатом бария подбирали таким образом, чтобы произведение растворимости  $\text{CaSO}_4$  не достигалось и катионы  $\text{Ca}^{2+}$  оставались в растворе. Для этого в растворе создавали минимальную концентрацию анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ , обеспечивающую осаждение бария, но не достаточную для формирования осадка сульфата кальция.

В результате проведенных исследований определены условия формирования тонкослойных однородных осадков  $\text{Ba(Ra)SO}_4$ , позволяющих идентифицировать изотопы радия методом альфа-спектрометрии. Показано, что использование в  $^{133}\text{Ba}$  позволяет надежно определять выход радия при проведении радиохимического анализа природных объектов (образцов почв, грунтов, почвенных растворов, грунтовых вод и т. д.).

## ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ АМЕРИЦИИ ГУМУСОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

**М. В. Попеня, Е. В. Войникова, Н. В. Казаченко**

### ВВЕДЕНИЕ

$^{241}\text{Am}$  является продуктом бета-распада  $^{241}\text{Pu}$ , в заметных количествах выброшенного из разрушенного реактора в результате Чернобыльской